

#6 S, HOOVER 7/19/01

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:)
PAU ET AL.)
Serial No. Not yet assigned)
Filing Date: Herewith)
For: METHOD OF VARYING THE BIT)
RATE OF THE DATA STREAM OF)
CODED VIDEO PICTURES)

JCE29 U.S. PTO
09/12509
11/14/00

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of the
priority European Application No. 99830713.6.

Respectfully submitted,

CERTIFICATE OF MAILING BY "EXPRESS MAIL"

"EXPRESS MAIL" MAILING LABEL NUMBER EL70641603545
DATE OF DEPOSIT November 14, 2000

I HEREBY CERTIFY THAT THIS PAPER OR FEE IS BEING DEPOSITED
WITH THE UNITED STATES POSTAL SERVICE "EXPRESS MAIL POST
OFFICE TO ADDRESSEE" SERVICE UNDER 37 CFR 1.10 ON THE DATE
INDICATED ABOVE AND IS ADDRESSED TO THE COMMISSIONER OF
PATENTS AND TRADEMARKS, WASHINGTON, D.C. 20031

Eric Link
(TYPED OR PRINTED NAME OF PERSON MAILING PAPER OR FEE)

[Signature]
(SIGNATURE OF PERSON MAILING PAPER OR FEE)

Michael W. Taylor
MICHAEL W. TAYLOR
Reg. No. 43,182
Allen, Dyer, Doppelt, Milbrath
& Gilchrist, P.A.
255 S. Orange Avenue, Suite 1401
Post Office Box 3791
Orlando, Florida 32802
Telephone: 407/841-2330
Fax: 407/841-2343
Attorney for Applicants

THIS PAGE BLANK (USPTO)

CERTIFICATE OF MAILING BY EXPRESS MAIL

EXPRESS MAIL MAILING LABEL NUMBER

DATE OF MAILING

HEREBY CERTIFY THAT THE MAILING OF THE ABOVE DESCRIBED MATTER BY EXPRESS MAIL WITH THE EXPRESS MAIL LABEL NUMBER OF THE MAILING OF THE MATTER TO THE COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS, WASHINGTON, D.C. 20535, WAS MADE BY THE MAILING PERSON ON THE DATE OF MAILING OF THE MATTER TO THE COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS, WASHINGTON, D.C. 20535, AND THAT THE MATTER WAS DEPOSITED IN THE EXPRESS MAIL BOX OF THE UNITED STATES POSTAL SERVICE ON THE DATE OF MAILING OF THE MATTER TO THE COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS, WASHINGTON, D.C. 20535.

(NAME OR PRINTED NAME OF MAILING PERSON OR FEE)

(SIGNATURE OF PERSON MAILING PAPER OR FEE)



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

99830713.6

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE, 31/05/00
LA HAYE, LE

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation

Anmeldung Nr.:
Application no.: 99830713.6
Demande n°:

Anmeldetag:
Date of filing: 16/11/99
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
STMicroelectronics S.r.l.
20041 Agrate Brianza (Milano)
ITALY

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:
MPEG transcoder

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

H04N7/26

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks: See for original title page 1 of the description
Remarques:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VA/X01117/EP

*Italian Text Pursuant to Art. 14.2***"METODO DI VARIAZIONE DEL BIT-RATE DI UN FLUSSO DI DATI
RELATIVI AD IMMAGINI VIDEO DIGITALIZZATE"****CAMPO DELL'INVENZIONE**

- 5 La presente invenzione concerne in generale i sistemi di elaborazione di immagini digitalizzate ed in particolare le tecniche di variazione del bit-rate del flusso di dati relativi ad immagini video digitalizzate.

BACKGROUND DELL'INVENZIONE

- 10 La presente invenzione trova applicazione nei sistemi di elaborazione di immagini video codificate.

- Data l'importanza assunta dallo standard MPEG nel trattamento di immagini video digitalizzate, nell'illustrare un'implementazione del metodo qui proposto, si farà riferimento ad un sistema MPEG2, pur restando inteso che il metodo dell'invenzione resta perfettamente usabile anche in sistemi di trasferimento di
15 sequenze video basati su standard diversi, così come di volta in volta stabiliti

Codifica video secondo lo standard MPEG2

- Lo standard MPEG (*Moving Pictures Experts Group*) definisce un insieme di algoritmi dedicati alla compressione di sequenze di immagini digitali. Le tecniche usate si basano sulla riduzione della ridondanza spaziale e temporale della
20 sequenza.

La riduzione della ridondanza spaziale è raggiunta comprimendo indipendentemente le singole immagini, tramite quantizzazione, Trasformata Coseno Discreta (DCT) e codifica di Huffman.

- La riduzione della ridondanza temporale si ottiene sfruttando la correlazione
25 esistente fra immagini successive della sequenza. Approssimativamente, si può dire che ogni immagine può essere espressa, localmente, come traslazione di

un'immagine precedente e/o successiva nella sequenza. A questo scopo, lo standard MPEG prevede tre tipi di immagini, indicate con **I** (Intra Coded Frame), **P** (Predicted Frame) e **B** (Bidirectionally Predicted Frame). Le immagini **I** sono codificate in modo del tutto indipendente; le **P** sono codificate rispetto ad
5 un'immagine **I** o **P** precedente nella sequenza; le **B** sono codificate rispetto a due immagini, di tipo **I** o **P**, una precedente e una successiva nella sequenza.

Una tipica successione di immagini può essere la seguente: **I B B P B B P B B I B...** Questo è l'ordine in cui le immagini verranno visualizzate, ma poiché ogni **P** è codificata rispetto alla **I** o **P** precedente, e ogni **B** rispetto alla **I** o **P** precedente e
10 successiva, è necessario che il decodificatore riceva le immagini **P** prima delle **B**, e le **I** prima delle **P**. Per cui, l'ordine di trasmissione delle immagini sarà **I P B B P B B I B B...**

Le immagini vengono elaborate dal codificatore sequenzialmente, nell'ordine indicato, e successivamente inviate ad un decodificatore che le decodifica e
15 riordina, consentendone la successiva visualizzazione. Per codificare un'immagine **B** occorre che il codificatore mantenga in una memoria apposita, detta "memoria di quadro", le immagini **I** e **P**, codificate e poi decodificate in precedenza, a cui l'immagine **B** si riferisce, richiedendo una opportuna quantità di memoria.

20 Uno dei concetti molto importanti per realizzare la codifica è la stima del moto. Il metodo è basato sulle seguenti considerazioni: un insieme di pixel di un quadro di immagine possono essere posti in una posizione nell'immagine successiva ottenuta per traslazione di quella nel quadro precedente. Naturalmente tali cambiamenti di posizione degli oggetti possono esporre alla camera da ripresa
25 parti che precedentemente erano non visti così come modifiche nella forma degli stessi (zoom ecc.).

La famiglia di algoritmi in grado di individuare ed associare tali porzioni di immagini è detta di "stima del moto". Tale associazione consente di poter calcolare la porzione di immagine differenza, rimuovendo così l'informazione

temporale ridondante e rendendo più efficace il processo successivo di compressione mediante trasformata DCT, quantizzazione e codifica entropica.

Tale metodologia trova nello standard MPEG2 un valido esempio. In Fig. 2 è mostrato il tipico schema a blocchi di un codificatore video MPEG2.

5 Tale sistema è costituito dai seguenti blocchi funzionali:

1] Filtraggio della croma da 4:2:2 a 4:2:0

10 In detto blocco si trova un filtro passa basso operante sulla componente di cromaticità, che consente la sostituzione di ogni pixel con la somma pesata di quelli circostanti e posti sulla stessa colonna moltiplicati per opportuni coefficienti. Ciò consente il successivo sottocampionamento per 2, ottenendo così una definizione verticale dimezzata della cromaticità.

2] Ordinatore di quadri

15 È composto da una o più memorie di quadro tali da fornire in uscita i quadri nell'ordine di codifica richiesto da MPEG. Ad esempio se la sequenza di ingresso è I B B P B B P etc., l'ordine in uscita sarà I P B B P B B

- ◆ I è un quadro e/o un semiquadro (Intra coded picture) contenente ridondanza temporale;
- ◆ P è un quadro e/o un semiquadro (Predicted picture) la cui ridondanza temporale rispetto alla precedente I o P (precedentemente co/decodificata) è stata rimossa;
- ◆ B è un quadro e/o un semiquadro (Bidirectionally predicted picture) la cui ridondanza temporale rispetto alla precedente I e successiva P (o precedente P e successiva P, o precedente P e successiva I) è stata rimossa (in entrambi i casi le immagini I e P sono da considerarsi già co/decodificate).

25 3] Stimatore

È il blocco deputato a rimuovere la ridondanza temporale dalle immagini P e B.

4) DCT

È il blocco che implementa la trasformazione coseno discreta secondo lo standard MPEG2. L'immagine I e le immagini errore P e B sono suddivise in blocchi 8*8

5 Y, U, V sui quali è applicata la trasformata DCT.

5) Quantizzatore Q

Il blocco 8*8 risultato della trasformazione DCT è poi diviso per una matrice detta di quantizzazione tale da ridurre più o meno drasticamente la dimensione in numero di bit dei coefficienti DCT. In tale caso si tende a rimuovere
10 l'informazione associata alle frequenze più alte e meno visibili all'occhio umano. Il risultato è riordinato ed inviato al blocco successivo.

6) Codifica a lunghezza variabile VLC

Le parole di codice in uscita dal quantizzatore tendono a contenere coefficienti nulli, in numero più o meno alto, seguiti da valori non nulli. I valori nulli e
15 precedenti al primo non nullo sono contati e detto conto costituisce la prima porzione di una parola e la cui seconda porzione è il coefficiente non nullo.

Tali coppie tendono ad assumere valori più probabili di altri. Quelli più probabili vengono codificati con parole molto corte (2/3/4 bits) mentre quelle meno probabili con parole più lunghe. Statisticamente il numero di bits prodotti in uscita
20 è minore che nel caso in cui tali metodi non siano usati.

7) Multiplexer e buffer

I dati generati dal codificatore a lunghezza variabile, le matrici di quantizzazione i vettori di moto ed altri elementi sintattici sono assemblati per poter costruire la sintassi finale prevista dallo standard MPEG2. Il flusso prodotto è immagazzinato
25 in un buffer di memoria la cui dimensione limite è sancita dallo standard MPEG2 e non può essere superata. Il blocco di quantizzazione Q presiede al rispetto di tale

limite, rendendo più o meno drastico il processo di divisione dei coefficienti DCT a seconda che ci si trovi più o meno vicini al riempimento di detto buffer ed in base all'energia del blocco 8*8 sorgente preso a monte del processo di stima del moto e di trasformazione DCT.

5 **8] Inverso VLC (I-VLC)**

Le funzioni VLC sopra specificate sono eseguite nell'ordine inverso

9] Inversa quantizzazione (IQ)

Le parole in uscita dal blocco I-VLC sono riordinate nella struttura a blocco 8*8, il quale è moltiplicato per la stessa matrice di quantizzazione usata per la sua
10 precedente codifica.

10] Inversa DCT (I-DCT)

La funzione DCT viene invertita ed applicata al blocco 8*8 in uscita dal processo di quantizzazione inversa. Ciò consente di passare dal dominio delle frequenze spaziali a quello dei pixel.

15 **11] Compensazione del moto e memorizzazione**

In uscita dal blocco I-DCT si può ottenere:

- il quadro (semiquadro) I decodificato che deve essere immagazzinato in opportuna memoria di quadro per poi rimuovere la ridondanza temporale, rispetto ad essa, dalle successive P e B.
- 20 - il quadro (semiquadro) errore di predizione decodificato P e B che deve essere sommato all'informazione precedentemente rimossa durante la fase di stima del moto. Nel caso P tale somma risultante, immagazzinata in opportuna memoria di quadro, è utilizzata durante il processo di stima del moto per le immagini P successive e B.

25 Dette memorie di quadro sono distinte dalle memorie di riordino.

Per comprendere le operazioni che danno luogo alla decodifica MPEG2 si può fare riferimento alla Fig. 3. La prima I ricevuta è decodificata mediante rilevamento degli headers all'interno del bitstream tramite il blocco HEADER_DETECTION, successiva decodifica inversa VLC, decodifica inversa delle
5 coppie run-level, inversa quantizzazione, inversa dct e successiva memorizzazione in opportuni buffers di memoria (come descritto in 10)) ed usata per calcolare l'errore di predizione per decodificare le successive P e B.

Nella realtà del video broadcasting si trasmettono (o si registrano) film o sequenze video su una varietà di canali e supporti, ognuno con proprie caratteristiche di
10 capacità, velocità e costo. La distribuzione di un film, a partire dalla registrazione master, potrebbe avvenire su Digital Versatile Disk così come potrebbe avvenire via satellite o via cavo. La banda disponibile per la trasmissione potrebbe essere diversa da quella allocata in fase di codifica della sequenza video, comportando così il problema di riadattare alle caratteristiche di nuovi media un flusso di bit
15 relativi ad immagini video (bitstream), codificati originariamente per un canale con un differente bit-rate.

Più specificatamente, questo comporta nella necessità modificare il bit-rate di un flusso di bit MPEG2 espresso in $B1$ Mbit/s (che è una misura di larghezza di banda del canale disponibile) generato in seguito a codifica della sequenza
20 sorgente, in un flusso ancora a sintassi MPEG2 a bit-rate $B2$, dove $B2$ è diverso da $B1$.

È noto che si può effettuare la suddetta variazione del bit-rate in modo molto semplice, senza far uso di dispositivi unicamente progettati allo scopo.

Dato che un encoder ed un decoder trasformano rispettivamente una sequenza di
25 fotogrammi in un bitstream MPEG2 e un bitstream MPEG2 in immagini decodificate, a partire da un bitstream codificato a bit-rate arbitrario $B1$ è sempre possibile ottenerne uno di bit-rate $B2$ semplicemente collegando l'output del decoder all'input dell'encoder, dopo aver programmato quest'ultimo per codificare a $B2$ Mbit/s.

Questo procedimento, che può essere definito una transcodifica esplicita di un bitstream, richiede l'esecuzione dei seguenti passi:

1. inversa codifica di Huffman
2. inversa codifica Run-Length
- 5 3. inversa quantizzazione
4. inversa trasformata coseno discreta
5. moto-compensazione

effettuati nel decodificatore, mentre un codificatore effettua le seguenti operazioni:

- 10 1. pre-processamento
2. stima del moto
3. calcolo dell'errore di predizione
4. trasformata coseno
5. quantizzazione
- 15 6. codifica Run-Length
7. codifica di Huffman
8. inversa quantizzazione
9. inversa trasformata coseno discreta
10. moto-compensazione

- 20 Come si può facilmente intuire, la complessità computazionale di detta transcodifica risulta essere particolarmente elevata.

- Di tutto il flusso, la quasi totalità del costo computazionale risiede nella stima del moto, seguita dalle trasformate coseno discreta diretta ed inversa e dalla moto-compensazione, mentre la quantizzazione, la codifica Run-Length e la codifica di
- 25 Huffman sono relativamente meno onerose.

È quindi sentita la necessità di un metodo per variare il bit-rate di un flusso di dati di immagini video che sia facile da implementare in forma hardware e che non comporti l'esecuzione di lunghi e onerosi calcoli.

SCOPO E SOMMARIO DELL'INVENZIONE

È stato ora trovato ed è l'oggetto della presente domanda di brevetto un nuovo metodo e relativi circuiti per variare il bit-rate di un flusso di bit relativo ad immagini video che richiede un numero relativamente basso di operazioni, con
5 conseguente risparmio sia in termini di tempo che in termini di complessità del dispositivo hardware che lo implementa.

Più specificamente l'oggetto della presente domanda di brevetto è un metodo per produrre un flusso relativo ad immagini video digitali suddivisibile in una coppia di sequenze, rispettivamente di dati codificati e di bit di controllo, con un bit-rate
10 diverso dal bit-rate di un flusso di ingresso.

Tale risultato è ottenuto scomponendo il flusso di ingresso in una sequenza di dati e in una sequenza di bit di controllo, modificando la sequenza di bit di controllo così ottenuta in funzione del diverso bit-rate da produrre in uscita producendo una sequenza di bit di controllo di uscita, decodificando la sequenza di dati codificati
15 producendo una sequenza di dati intermedia, che viene successivamente quantizzata con passo prestabilito e codificata producendo una sequenza di dati codificati di uscita. Il flusso di dati di uscita con il bit-rate desiderato è prodotto concatenando le due citate sequenze di uscita. Opzionalmente si può dequantizzare la sequenza di dati intermedia prima di effettuare la quantizzazione
20 con il passo prestabilito.

Il metodo esposto può essere facilmente particolarizzato per immagini codificate secondo lo standard MPEG2, facendo sì che dette operazioni di decodifica e codifica consistano rispettivamente in una decodifica di Huffman seguita da una decodifica Run-Length, e in una codifica Run-Length seguita da una codifica di
25 Huffman.

Preferibilmente, il passo di quantizzazione è determinato mediante una tecnica di rate control feed-backward o una tecnica di rate control feed-backward/forward.

Un dispositivo implementante in forma hardware tale metodo comprende un primo blocco circuitale separante il flusso di ingresso in una sequenza di dati codificati e in una sequenza di bit di controllo, un secondo blocco circuitale modificante detta sequenza di bit di controllo in funzione del diverso bit-rate da produrre in uscita producendo una sequenza di bit di controllo di uscita, un decodificatore di detta sequenza di dati codificati, produttore una sequenza di dati intermedia, un quantizzatore con un passo prestabilito accoppiato a detta sequenza di dati intermedia, un codificatore accoppiato all'uscita del quantizzatore produttore una sequenza di dati codificati di uscita e infine un terzo blocco circuitale concatenante dette due sequenze di uscita producendo un flusso con il bit-rate desiderato. Opzionalmente il dispositivo può essere dotato di un dequantizzatore accoppiante la sequenza di dati intermedia con il quantizzatore.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

I particolari aspetti e vantaggi dell'invenzione risulteranno ancor più evidenti dalla descrizione di alcune forme di realizzazione dell'invenzione facendo riferimento ai disegni allegati nei quali

la **Figura 1** è uno schema confrontante la tecnica di transcodifica nota e il nuovo metodo;

la **Figura 2** mostra uno schema a blocchi di un codificatore MPEG2;

la **Figura 3** mostra uno schema a blocchi di un decodificatore MPEG2;

la **Figura 4** è uno schema di un'architettura implementante il metodo dell'invenzione;

la **Figura 4 bis** mostra una forma preferita di realizzazione della catena di quantizzazione;

la **Figura 5** mostra una possibile architettura del nuovo metodo comprendente un controllo del tasso di compressione feed-backward;

la **Figura 6** mostra una possibile architettura del nuovo metodo comprendente un controllo del tasso di compressione feed-forward.

DESCRIZIONE DI ALCUNE FORME DI REALIZZAZIONE DELL'INVENZIONE

Il bit-rate è determinato dal numero di bit dedicati alla codifica dei coefficienti DCT quantizzati dell'errore di predizione. Agendo sul parametro di quantizzazione è possibile aumentare o diminuire il bit-rate: la scelta di detto parametro è compito del modulo di controllo del tasso di compressione.

Le porzioni di bitstream che non influiscono sulla riduzione del bit-rate non vengono processate ma semplicemente copiate. Questo avviene per la maggioranza dei dati relativi alla sintassi e, soprattutto, per i vettori di moto, perché il campo di moto dipende solamente da calcoli eseguiti sulla sequenza originale.

Poiché l'obiettivo è ottenere una riduzione di bit-rate, facendo riferimento allo standard MPEG2 il procedimento di decodifica è rappresentato equivalentemente dalla codifica inversa VLC, dalla decodifica Run-Length.

Non c'è necessità di procedere alla trasformata coseno discreta inversa e moto-compensazione, in quanto il controllo del bit-rate avviene nel dominio della frequenza, con relativo risparmio computazionale. Una volta estratti i coefficienti DCT quantizzati, essi vengono riquantizzati con un nuovo parametro di quantizzazione, che è tipicamente diverso da quello trovato nel bitstream di ingresso, applicando infine la codifica Run-Length e di Huffman.

Opzionalmente si può far precedere l'operazione di riquantizzazione da una dequantizzazione dei coefficienti DCT, qualora si desideri operare con valori non quantizzati.

Il guadagno computazionale deriva sostanzialmente dall'eliminazione dei blocchi di moto-compensazione, stima del moto, trasformate coseno discreta inversa e diretta.

Uno schema che mette a confronto il nuovo metodo con la tecnica di transcodifica esposta è mostrato in Fig. 1. Con il nuovo metodo è possibile ottenere direttamente un flusso di dati di uscita al bit-rate desiderato $B2$ Mbit/s mediante il blocco MPEG2_TRANSCODER che implementa il metodo dell'invenzione. Tale
5 blocco opera su un flusso di dati con un bit-rate di $B1$ Mbit/s prodotto da un codificatore MPEG2_ENCODER, codificante secondo lo standard MPEG2 i pixels di una sequenza SOURCE_SEQUENCE.

Lo stesso risultato può essere ottenuto connettendo in cascata un decodificatore MPEG2_DECODER e un codificatore MPEG2_ENCODER ma, come evidenziato in
10 Fig. 1, si rende però necessario produrre la sequenza di immagini decodificate DECODED_SEQUENCE, con conseguenti costi in termini di tempo di elaborazione.

Uno schema di principio di una realizzazione hardware del metodo dell'invenzione è riportato in Fig. 4. Il flusso di bit di ingresso INPUT_BITSTREAM è alimentato ad un blocco circuitale separante le intestazioni della sequenza e del
15 gruppo di pixels (GOP), che vengono successivamente adattate al bit-rate desiderato ed inviate ad un moltiplicatore di selezione produttore il flusso di uscita.

Un blocco PICTURE_HEADER_DETECTION rileva la presenza di bit di controllo della singola immagine della sequenza, separandoli dai bit di dati che vengono inviati ad un blocco REQUANTIZATION_BLOCK. Tale blocco effettua, previa
20 decodifica di Huffman e Run-Length, un'operazione di dequantizzazione e quantizzazione con passo prefissato, seguita da una codifica Run-Length e di Huffman. Il passo di quantizzazione è determinato dai blocchi RATE_CONTROL e BUP, che memorizza il numero di bit prodotti.

Una forma preferita di implementazione del REQUANTIZATION_BLOCK è mostrata
25 in Fig. 4 bis. Essa mostra una cascata di blocchi effettuanti le già citate operazioni di decodifica di Huffman (IVLC) e Run-Length (IRL) e di dequantizzazione (IQ), seguite da una quantizzazione (Q), effettuata con un passo determinato dal parametro QUANTIZATION_PARAMETER, e da una codifica Run-Length (RL) e di Huffman (VLC).

Il tasso di compressione è regolabile mediante opportuni strumenti di multiplexing. Le scelte possibili sono essenzialmente due:

- 1) rate control feed-backward
- 2) rate control ibrido feed-backward/forward (con preanalisi)

- 5 Per una dettagliata descrizione delle due citate tecniche di regolazione del tasso di compressione, si può fare riferimento al Test Model 5 di MPEG2, alle domande di brevetto EP98830599.1, EP99830560.1, EP97830591.0 a nome della stessa richiedente.

La tecnica di rate control feed-backward è suscettibile di un'implementazione
10 hardware come quella mostrata in Fig. 5.

Relativamente a quest'ultima figura, si può affermare che:

- Attraverso la porta di input [1] il bitstream viene dato al blocco [A];
- In [A] avviene il primo parsing: se stanno transitando dati relativi alla sintassi di sequenza e GOP si instrada tramite [2] verso [B], il quale estrae alcuni dati
15 di formato e si temporizza con [L] per la scrittura in output;
- Quando [A] rileva l'inizio dei dati di picture il controllo passa a [C] fino a nuovo header di sequenza/GOP/picture;
- Quando [A] inizia a trasmettere i dati di picture, [C] li instrada tramite [D] verso la catena di riquantizzazione [E-J]. In questa fase [K] fornisce il
20 parametro di quantizzazione, ed attraverso [7] raccoglie informazioni sul comportamento passato della codifica;
- [L] ricostruisce il bitstream a partire dai contributi di [3] (sintassi di sequenza e GOP), [5] (vettori di moto) e [6] (coefficienti DCT).

Il caso 2) è implementato dall'architettura in Fig. 6, in cui:

- Attraverso la porta di input [1] il bitstream viene dato al blocco [A];
- In [A] avviene una prima analisi del flusso di bit (parsing): se stanno transitando dati relativi alla sintassi sequenza e GOP si instrada tramite [2] verso [B], il quale estrae alcuni dati di formato e si temporizza con [P] per la scrittura in output;
- Quando [A] rileva l'inizio dei dati di picture il controllo passa a [C] fino a nuovo header di sequenza/GOP/picture;
- [C] governa la temporizzazione tra preanalisi e ricodifica: quando [A] inizia a trasmettere i dati di picture, [C] li copia nel buffer [E] e contemporaneamente li instrada tramite [6] verso la catena di riquantizzazione [G-L]. In questa fase [O] fornisce il parametro di quantizzazione in fase di preanalisi, ed [M] invia i dati raccolti ad [N] che va così a costituire il Bit Usage Profile della picture;
- Successivamente, [C] commuta [D] ed [F] in modo tale che i dati originali vengano riletti da [E] e ritrasmessi alla catena di riquantizzazione. [O], utilizzando i dati raccolti da [N] in preanalisi, fornisce il parametro di quantizzazione di codifica finale. [M] è commutato su [13] ed invia a [P] i coefficienti riquantizzati e codificati. [C] provvede anche ad intercalare opportunamente i dati in uscita da [M] con i vettori di moto originali registrati in [E] durante la preanalisi;
- [P] ricostruisce il bitstream a partire dai contributi di [3] (sintassi di sequenza e GOP), [8] (vettori di moto) e [13] (coefficienti DCT).

Per illustrare ancora più chiaramente il funzionamento del dispositivo descritto in Fig. 6, si può far riferimento alla seguente descrizione in pseudo-codice C delle procedure svolte dai principali blocchi circuitali.

- 25 È opportuno elencare alcune funzioni di uso comune per l'accesso al bitstream:

ShowBitsS(N)

ShowBitsC(N)

Esse mostrano, senza spostarsi dalla posizione attuale, i prossimi N bits del bitstream. La prima legge dall'input (1), la seconda dalla memoria di picture (LOCAL_MEMORY).

GetBitsS(N)

5 GetBitsC(N)

Mostrano i prossimi N bit del bitstream di input e della LOCAL_MEMORY, rispettivamente. Il cursore si sposta di N posizioni.

PutBitsD(bits)

PutBitsC(bits)

10 Scrivono, rispettivamente nel bitstream di uscita (14) e nella LOCAL_MEMORY, i bit passati per argomento.

MoveBitsSD(N)

MoveBitsSC(N)

MoveBitsCD(N)

15 Combinazioni di GetBits*() e PutBits*() che permettono di leggere e spostare N bits, rispettivamente, dall'input all'output, dall'input alla LOCAL_MEMORY e dalla LOCAL_MEMORY all'output.

Blocco [A]+[B]

La procedura VideoSequence() riconosce le sezioni di header di sequenza e di
20 GOP e le copia in output; quando incontra lo start code di picture passa il controllo a [C]

VideoSequence()

{

while(NextStartCode() != SEQUENCE_END_CODE)

25 {

if(SEQUENCE_START_CODE || GOP_START_CODE)

```

    {
        /* copy input data to output */
    }
    else if(PICTURE_START_CODE)
5   {
        /* [C] */
    }
}

```

10 **Blocco [C]**

```

TranscodePictureData()
{
    PicturePreanalysis()
    PictureReshape()
15 }

```

Nel dettaglio:

```

PicturePreanalysis()
{
    for(i=0; i<= MACROBLOCK_COUNT; i++)
20 {
        MoveBitsSC(MOTION_VECTORS)
        mQuant = PreanalysisMQuant() /* rate control [O] */
        Requantize(DCTMatrix, mQuant)
        BUP[i] = BitCount(DCTMatrix)
25 }
}

```

Effettua il parsing dell'header di picture, poi inizia il loop di macroblocco fino al termine della sezione dati della picture. Le funzioni di accesso a bitstream utilizzate qui sono ReadBitsS(), PutBitsC() e, soprattutto, MoveBitsSC(): ciò

significa che, mentre il bitstream viene “consumato” per effettuare la preanalisi, i bit letti vengono salvati nella LOCAL_MEMORY.

La funzione Requantize() è autoesplicativa, mentre BitCount() effettua la codifica Run-Length e Huffman senza scrivere il risultato ma solo contando i bit prodotti,
 5 informazione da scrivere nel BUP.

Al termine di questa procedura la situazione è la seguente:

- Il puntatore al source bitstream è posizionato al termine della sezione dati della picture;
- Il puntatore alla LOCAL_MEMORY è posizionato all'inizio della
 10 LOCAL_MEMORY stessa, la quale contiene una copia della sezione dati di picture appena letta dal source bitstream;
- Nel file di output non è ancora stato scritto nessun bit relativo alla picture.

Picture Reshape()

```

{
15   for(i=0; i<= MACROBLOCK_COUNT; i++)
      {
          MoveBitsCD(MOTION_VECTORS)
          mQuant = ReshapeMQuant() /* rate control */
          Requantize(DCTMatrix, mQuant)
20   PutBitsD(DCTMatrix)
      }
}

```

Del tutto simile a PicturePreanalysis(), con la differenza che le funzioni di accesso ai dati divengono ReadBitsC(), PutBitsD() e MoveBitsCD().

25 Al termine di questa procedura la situazione è la seguente:

- Il puntatore al source bitstream è posizionato al termine della sezione dati della picture;
- Il puntatore alla LOCAL_MEMORY è posizionato al termine della LOCAL_MEMORY stessa, la quale verrà successivamente svuotata per
5 accogliere i dati della prossima picture;
- Nel file di output sono stati scritti i dati di picture transcodificati.

Blocco [O]

PreanalysisMQuant()

```
{
10  /* returns previous picture's mean mQuant */
}
```

Il parametro di quantizzazione mQuant di preanalisi è quello medio della codifica dell'ultima picture omologa (dello stesso tipo I, P o B).

ReshapeMQuant()

```
15 {
    LocalError = BITS_PRODUCED-BUP
    IntegralError += LocalError
    mQuant = PREANALYSIS_MQUANT + LocalError*PropCoeff +
    IntegralError*IntCoeff
20 }
```

Ad ogni passo di codifica, il RATE_CONTROL misura lo scostamento dal profilo ideale (LocalError) e calcola anche l'errore integrale. Il valore di mQuant è quindi ottenuto applicando il controllore PI di coefficienti PropCoeff e IntCoeff.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per produrre un flusso relativo ad immagini video digitali suddivisibile in una coppia di sequenze, rispettivamente di dati codificati e di bit di controllo, con un bit-rate diverso dal bit-rate di un flusso di ingresso
5 comprendente

scomporre detto flusso di ingresso in una sequenza di dati e in una sequenza di bit di controllo;

modificare detta sequenza di bit di controllo in funzione del diverso bit-rate da produrre in uscita producendo una sequenza di bit di controllo di uscita;

10 decodificare detta sequenza di dati codificati producendo una sequenza di dati intermedia;

quantizzare con passo prestabilito e codificare detta sequenza di dati intermedia producendo una sequenza di dati codificati di uscita;

15 concatenare dette due sequenze di uscita producendo un flusso con il bit-rate desiderato.

2. Il metodo della rivendicazione 1 in cui detta sequenza di dati intermedia viene dequantizzata prima di essere quantizzata con detto passo prestabilito.

3. Il metodo secondo una delle rivendicazioni 1 o 2 in cui detti flussi sono
20 relativi ad immagini video digitali codificate MPEG e dette operazioni di decodifica e codifica consistono rispettivamente in

effettuare una decodifica di Huffman seguita da una decodifica Run-Length, e

25 effettuare una codifica Run-Length seguita da una codifica di Huffmann.

4. Il metodo della rivendicazione 3 in cui detto passo di quantizzazione prestabilito è determinato mediante una tecnica di rate control feed-backward.

5. Il metodo della rivendicazione 3 in cui detto passo di quantizzazione prestabilito è determinato mediante una tecnica di rate control ibrido feed-backward/forward.

6. Dispositivo per produrre un primo flusso con un primo bit-rate relativo
5 ad immagini video digitali suddivisibile in una coppia di sequenze di dati codificati e di bit di controllo con un bit-rate diverso dal bit-rate di un flusso di ingresso comprendente

un primo blocco circuitale separante detto flusso di ingresso in una sequenza di dati codificati e in una sequenza di bit di controllo;

10 un secondo blocco circuitale modificante detta sequenza di bit di controllo in funzione del diverso bit-rate da produrre in uscita producendo una sequenza di bit di controllo di uscita;

un decodificatore di detta sequenza di dati codificati, produttore una sequenza di dati intermedia;

15 un quantizzatore con un passo prestabilito accoppiato a detta sequenza di dati intermedia;

un codificatore accoppiato all'uscita di detto quantizzatore produttore una sequenza di dati codificati di uscita;

20 un terzo blocco circuitale concatenante dette sequenze di uscita producente un flusso con il bit-rate desiderato.

7. Il dispositivo della rivendicazione 6 comprendente un dequantizzatore accoppiante detta sequenza di dati intermedia con detto quantizzatore.

8. Il dispositivo secondo la rivendicazione 6 o 7 in cui detti flussi sono relativi ad immagini video digitali codificate MPEG e detto decodificatore e detto
25 codificatore consistono rispettivamente in

un blocco effettuante una decodifica di Huffman seguita da una decodifica Run-Length, e

un blocco effettuante una codifica Run-Length seguita da una codifica di Huffman.

9. Il dispositivo secondo una delle rivendicazioni da 6 a 8 in cui
detto passo di quantizzazione è fornito a detto quantizzatore da un
blocco di controllo del bit-rate accoppiato a detto codificatore, e
detto terzo blocco circuitale comprende almeno un mezzo moltiplicatore
5 di selezione funzionalmente accoppiato a detto primo blocco circuitale, a detto
secondo blocco circuitale e a detto codificatore.

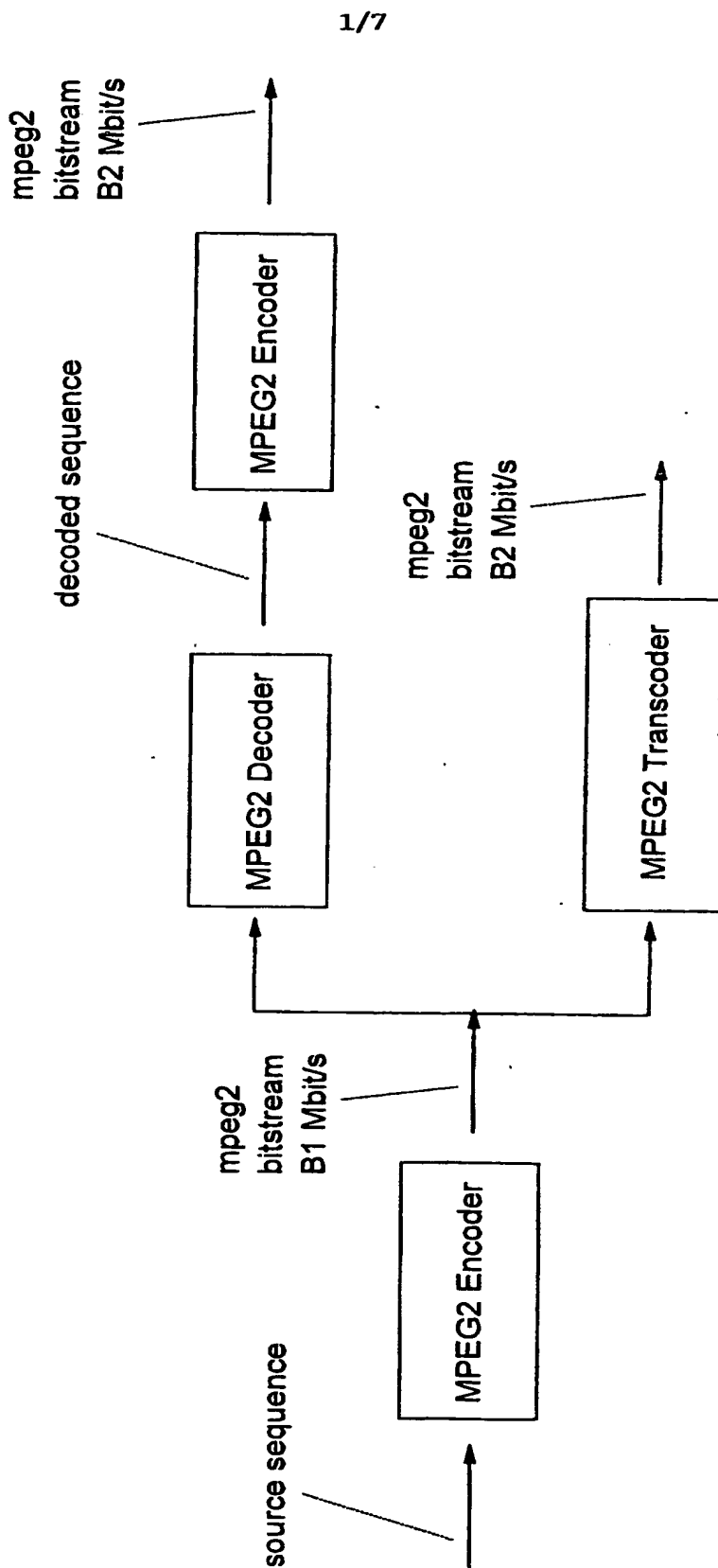
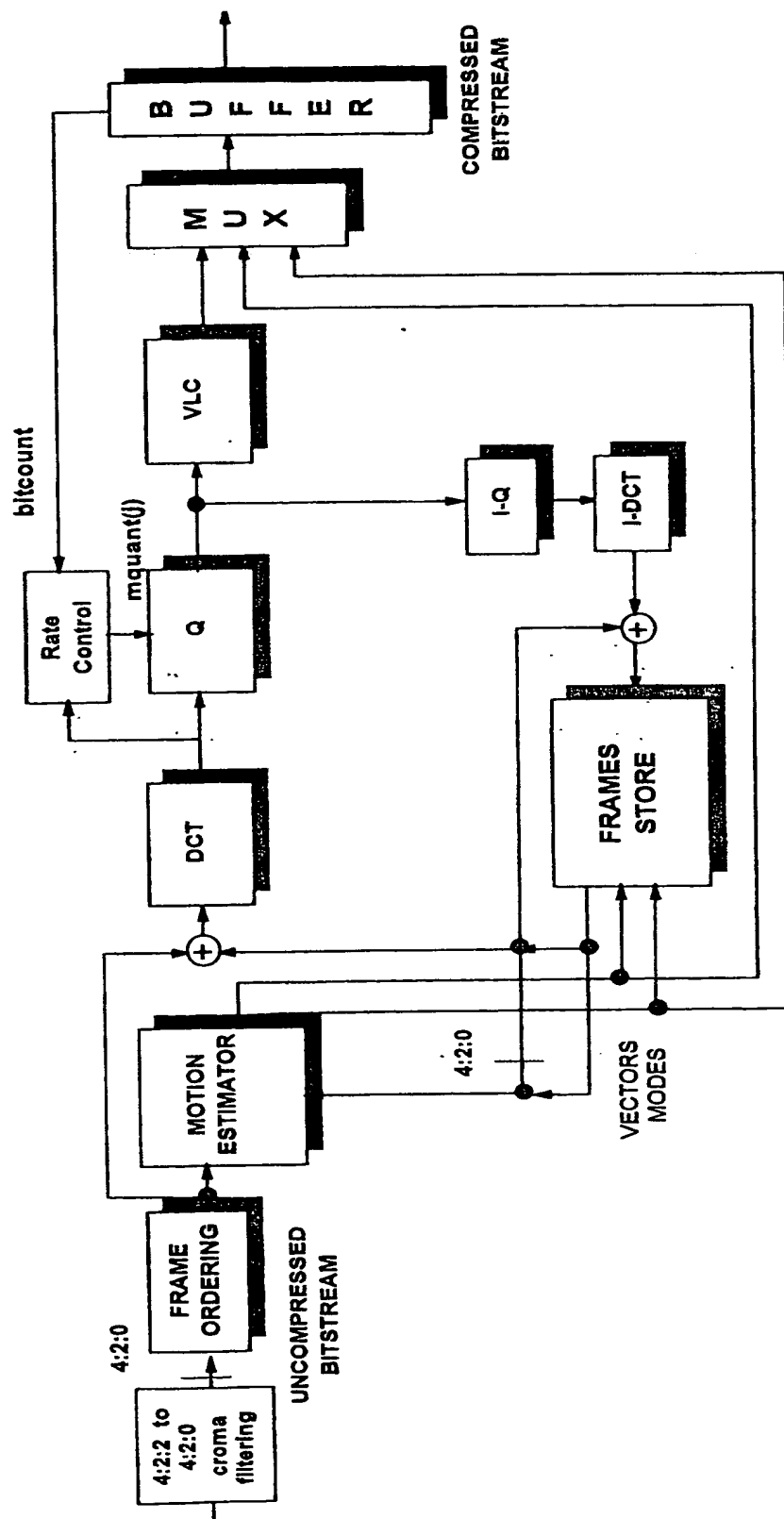
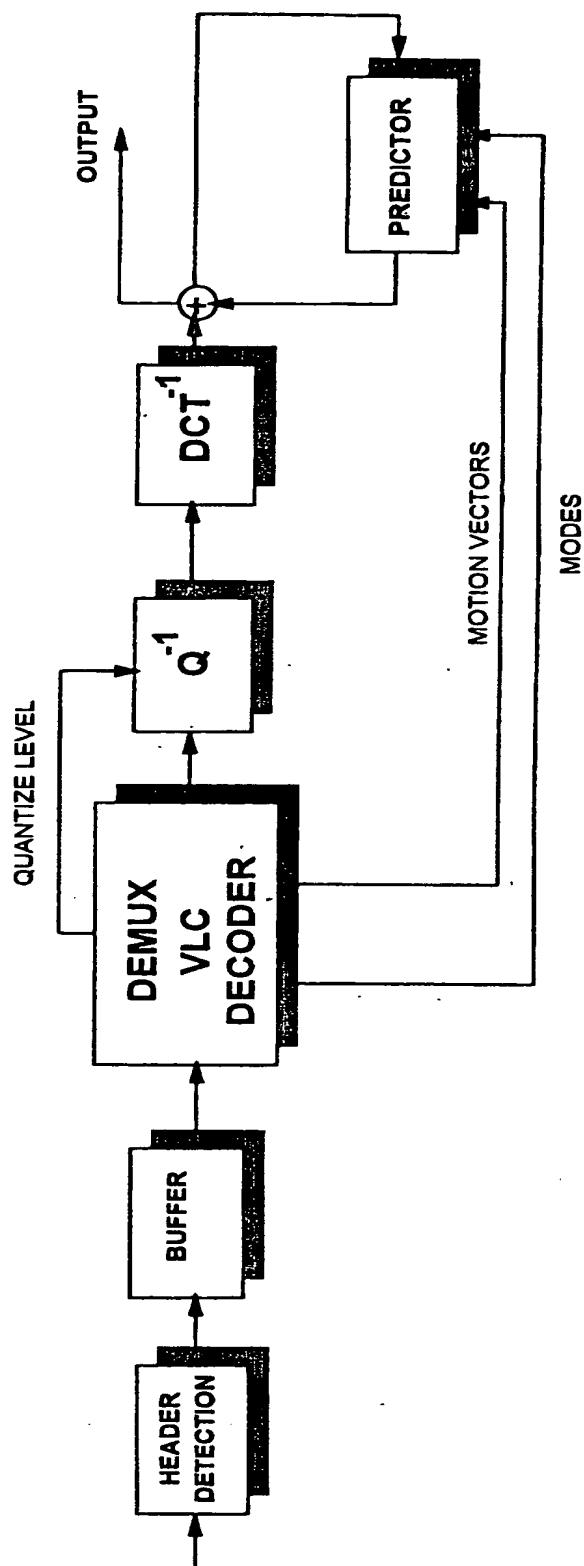


FIG. 1

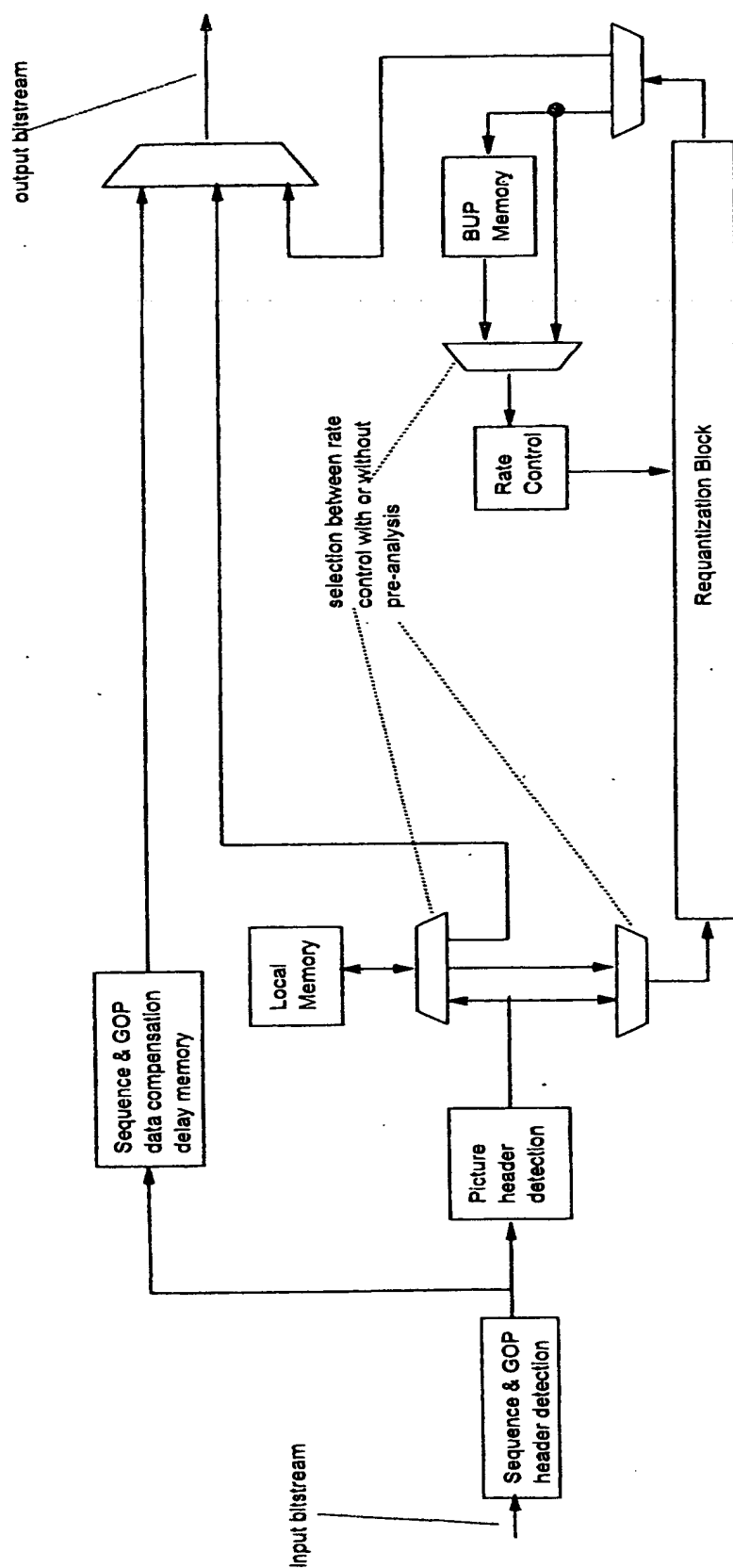
2/7

FIG. 2

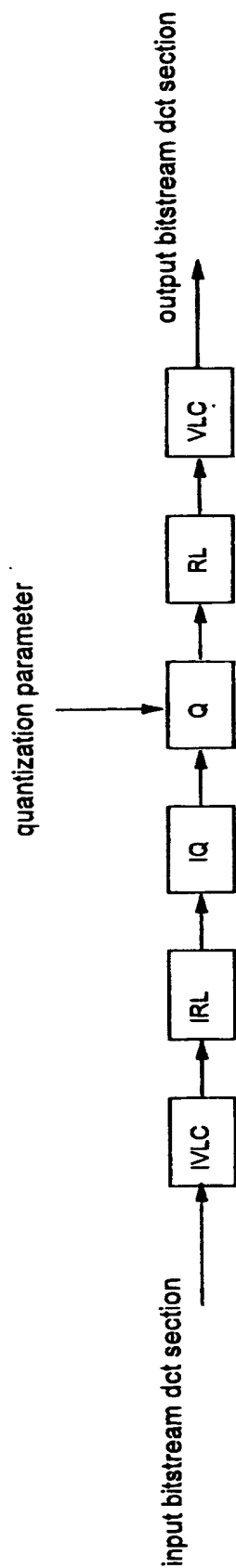
3/7

FIG. 3

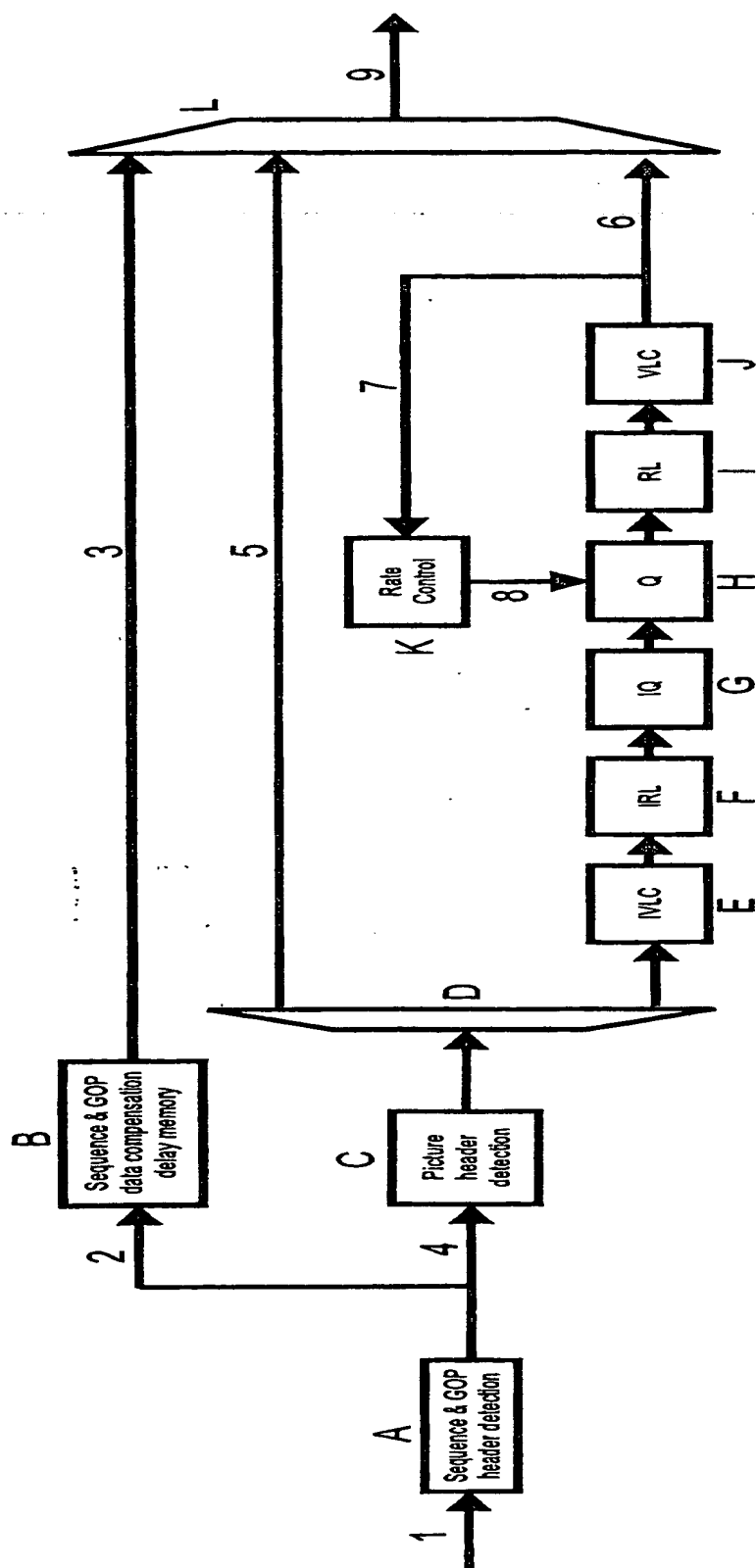
4/7

FIG. 4

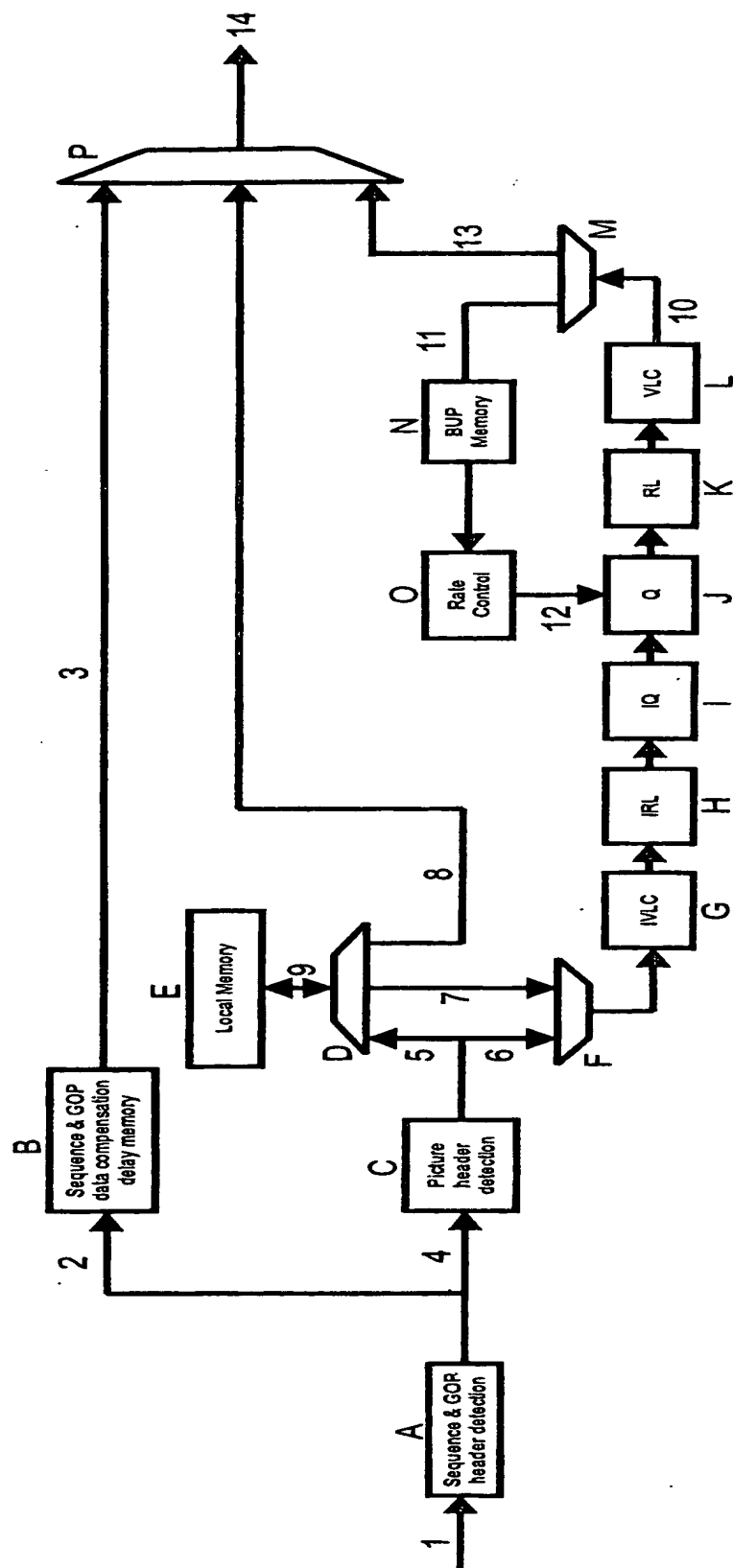
5/7

FIG. 4 bis

6/7

FIG. 5

7/7

FIG. 6

THIS PAGE BLANK (USPTO)